A. Forel. Sur les Sensations des Insectes.

Von Dr. F. Will, Erlangen.

In dem „Recueil zoologique Suisse“ (Tom. IV. No. 2 p. 145—220) veröffentlicht Prof. Dr. August Forel in Zürich eine Reihe von Control- und neuen Versuchen, sowie kritische Bemerkungen über die Sinne der Insecten. Der Verfasser ist ein ausserordentlich erfahrener, geschickter und sorgfältiger Experimentator und überdies wohl der beste z. Z. lebende Kenner der Ameisen, nicht nur des Hautskelett's (wie leider so viele unter den Entomologen), sondern auch der Biologie, Anatomie und Physiologie dieser Insectenfamilie. Seine Controllversuche dürften soweit sie mit den Resultaten anderer Autoren übereinstimmen, manche Frage endgiltig entscheiden, seine neuen Versuche für andere Fragen von grundlegender Bedeutung werden.

Ohne auf die Ausführung der Versuche näher einzugehen, gebe ich nachstehend nur kurz das Resultat derselben.

Gesicht.

Die Versuche, die Forel hier anstellt, beziehen sich ganz besonders auf die Fragen:

1) Haben die Ameisen einen dermatoptischen Sinn (Lichtempfindung durch die Haut)?
2) Nehmen dieselben die ultravioletten Strahlen wahr?

Die Beantwortung dieser Fragen auf Grund der Experimente fasst Forel in folgenden Sätzen zusammen: 1. Die Ameisen percipiren das Licht und besonders das Ultraviolett wie es Lubbock gezeigt hat. 2. Sie scheinen das Ultraviolett vorzugsweise mit ihren Augen zu percipiren, d. h. wenn sie sehen; denn als die Augen gefirnist (d. h. die Thiere geblendet) wurden, reagirten sie nur auf directes oder wenigstens starkes Sonnenlicht (reflectirt oder durch eine Wasserschichte von 3 ctm. Dicke gemildert). 3. Die Experimente scheinen anzuzeigen, dass der dermatoptische Sinn bei den Ameisen weitaus schwächer entwickelt ist, als bei den von Graber untersuchten Thieren.

Die Nebenaugen (ocelles frontaux) erklärt Forel für nothwendig zum Sehen im Halbdunkel, da der eigenthümliche Bau des zusammengesetzten Insectenauges eine starke Lichtquelle (durch Absorption der Strahlen im Crystallkegel) nöthig macht, um das Sehen überhaupt zu ermöglichen. Obgleich in den dunklen und halbdunklen Gängen des Baues die präponderirende Führerrolle den Sinnen der Antennen

zufällt, so haben die Arbeiter der Ameisen doch auch gelegentlich den Gesichtssinn nöthig und hier dienen dann die Ocellen zum Sehen.

Als Anhang zu diesem Abschnitt gibt Forel noch eine Notiz über den „Directionssinn". Nach den Versuchen J. H. Fabre's fliegen gesellig lebende Hymenopteren, die man in einer Schachtel eingesperrt, 3 bis 4 Kilometer von ihrem Neste wegtransportirt und dann freigelassen hat, direct auf ihre Heimath zu. Allerdings kommt eine Anzahl nicht zurück. Forel hält dafür, dass Fabre auf den letzteren Punct nicht genug Gewicht gelegt hat, er meint die Thiere kennten die Gegend und die in ihr befindlichen besonderen Merkmale wenigstens auf eine Meile in der Runde und richteten sich darnach; ein besonderer Directionssinn sei kaum vorhanden.

Geruch oder Sinn der Antennen.

Zu diesem Sinne bemerkt Forel, dass es beinahe Wasser in den See tragen heisse, über diesen Gegenstand noch weiteres zu sagen, allein eine neuere Arbeit Grabers (V. Graber, Vergleichende Grundversuche über die Wirkung und die Aufnahmestellen chemischer Reize bei den Thieren. Biologisches Centralblatt, 1. Sept. 1885), wonach dieser den Geruchssinn resp. die percipirenden Endorgane über den ganzen Körper vertheilt annehmen zu müssen glaubt, gibt Veranlassung die Frage nochmals zu prüfen und weitere Experimente anzustellen. Forel kommt dann schliesslich zu folgenden Resultaten:

1) Bei vielen Insecten, die sich vorzugsweise durch den Gesichtssinn leiten lassen, wie den Libellen und Cicaden sind die Fühler rudimentär und ebenso der Geruch. Nachts verhalten sich diese Insecten unbeweglich. Tagsüber sind sie vom Gesichtssinn geleitet (einige vielleicht durch das Gehör, wie die Grillen).

2) Der Geruch hat seinen Sitz in den Antennen trotz der Proteste und Experimente Grabers. Die percipirenden Organe sitzen vorzugsweise in jenen angeschwollenen oder blätterigen Theilen, wo der Antennennerf sich verzweigt.

3) Bei verschiedenen Insecten, wie z. B. bei dem grössten Theil der Dipteren, sind die Fühler steif und dienen einzig oder fast einzig dem Geruchssinne.

4) Bei vielen anderen Insecten sind sie beweglich und dienen theils dazu, um in die Ferne zu wittern, theils zum Fühlen für das, was sich erlangen lässt. Dies ist im höchsten Grade der Fall bei den Hymenopteren. So wittert mit

Hülfe seiner Fühler das Männchen der Bombyciden auf grosse Entfernungen sein Weibchen, die Fliegen und verschiedene Käfer faulendes Fleisch, mit ihrer Hülfe entdecken *Pimpla* dann *Leucospis*, die Parasiten der Cynipiden und wie Fabre in seinen „Souvenirs entomologiques“ gezeigt hat, *Anthrax* und wohl auch andere parasitäre Insecten durch trockenes Holz, Pflanzensäfte oder selbst durch eine dicke Lage Mörtel, ein tief verborgenes Schlachtopfer. Diese „Hörner“, diese „Ohren“ sind eben doch eine ausgezeichnete Nase, trotzdem, dass das Wolff und Graber nicht gefällt.

Bei diesem Abschnitte citirt Forel gelegentlich eine Entdeckung Fischers (Eichstädter Bienenzeitung 1871 p. 130 ff., p. 230), die noch wenig bekannt ist. Nach Fischers Beobachtung ernähren nämlich die Bienen und zwar die jüngeren, denen dieses Geschäft allein obliegt, die Brut nicht aus dem Vormagen wie man bis dahin angenommen hatte, sondern mit den Absonderungen der Supramaxillardrüsen, die bei jungen Bienen immer strotzend von Nahrungssaft gefüllt, bei älteren Bienen dagegen stets verkümmert sind. Forel glaubt dasselbe auch wenigstens von einer grossen Zahl Ameisenarten behaupten zu dürfen, fügt indess hinzu, man solle nicht vergessen, dass sich im Sack des Hypopharynx immer feine Ueberreste solider Nahrung finden, ähnlich zusammengesetzt wie die des Magens, und dass von diesen doch ein guter Theil den für die Larven ausgewürgten Nahrungshafte beigemengt werden könnte.

Geschmack.

Dass die Ameisen einen ausgebildeten Geschmackssinn besitzen, hat Forel schon früher durch Experimente nachgewiesen, seine diesbezüglichen Mittheilungen sind nur vorzugsweise kritischer Natur, nur vermehrt er Plateau's und meine Untersuchungen über die Frage, ob an den Labial- und Maxillartastern sich percipirende Endorgane des Geschmackssinnes vorfinden, durch weitere Untersuchungen an Wespen und kommt hier ebenso zu dem Resultate, dass dies nicht der Fall ist.

Im Besonderen stellt Forel auf Grund der kritischen Untersuchung folgende Sätze auf. Als Geschmacksorgane sind zu deuten:

1) Die terminalen Nervenendigungen am Rüssel der Musciden, beschrieben von Leydig, die homolog mit folgenden Organen sind.

2) Die terminalen Nervenendigungen der Maxillen und der Zungenbasis beschrieben von Meinert bei Ameisen.

3) Die terminalen Endorgane an der Spitze der Zunge, beschrieben von Forel bei Ameisen.

4) Das terminale Organ des Gaumens oder Epipharynx, beschrieben von Wolff. Das letztere scheint Forel, wenigstens bei gewissen Insecten, eine hervorragende Rolle zu spielen und nicht umsonst ist es bei den Bienen so stark entwickelt, die Honig aus so viel verschiedenen Blumen schöpfen.

Forel beschäftigt sich darauf mit meiner speciellen Arbeit über das Geschmacksorgan der Insecten (Zeitschr. f. wissensch. Zoolog. XLII. 1885) und entwickelt in folgenden Puncten eine von der meinen abweichende Ansicht, bezüglich derer mir eine kurze Entgegnung gestattet sei. Forel ist der Ansicht Leydig's, dass die Nervenenden der s. g. Axencylinder am apicalen Ende mit einem ausserordentlich feinen biegsamen Chitinhäutchen bekleidet sei, ebenso wie die Ausführungskanälchen der Drüsenzellen und dass im ersten Falle die Perception am Ende des Geschmacksorganes und im zweiten Falle die Secretion der Drüsen durch Endosmose stattfindet. Ich hatte dagegen die Ansicht ausgesprochen, dass mir das Zustandekommen einer Geschmacksempfindung ohne directe Berührung zwischen Nahrung und Nervenende (d. h. ohne directen chemischen Reiz) nicht recht denkbar sei, es war dies auch der Hauptgrund, wesshalb ich dem Wolffschen Organ die Qualität eines Geschmacksorganes absprach. Nach meiner bisherigen Erfahrung ist Chitin selbst in den dünnsten Häutchen äusserst schwer permeabel, indess selbst angenommen, dieser Deckmembran für den Axencylinder sei vorhanden und seiner Dünne halber durchlässig, so kann ich mich noch nicht entschliessen, das Wolffsche Organ als Geschmacksorgan anzuerkennen, denn hier ist die Chitinhülle des Axencylinders deutlich wahrnehmbar und so dick und homogen, dass mir Endosmose unmöglich erscheint; mit demselben Rechte müsste man auch eine Reihe von Tasthaaren an den Maxillen am Grunde der Taster u. s. w. für Geschmacksorgane halten, denn das Wolffsche Organ zeigt im Bau seiner Endapparate eine grössere Aehnlichkeit mit diesen als mit den unzweifelhaften Geschmacksbechern. Hierzu kommt noch eine weitere Erwägung. Forel hält das Wolffsche Organ bei den Bienen deshalb für so entwickelt, weil dieselben den Honig aus den verschiedenartigsten Blüthen zusammenholen, wobei eine Unterscheidung durch den Geschmack nothwendig ist.

Demgegenüber kann ich mich auf folgende Erfahrungen berufen. Bienen (d. h. die Honigbiene Apis mellifica L.) haben im Vergleiche mit Anthrenen und Wespen, soweit das beobachtet werden kann, ein schlechteres Unterscheidungsvermögen für geeignete oder ungeeignete Nahrung und doch ist bei ersteren (d. h. bei den Bienen) das Wolffsche Organ weitaus stärker und ausgeprägter entwickelt als bei letzteren. Allerdings spielt bei den Bienen anscheinend die Individualität eine Rolle. So haben meine Versuche ergeben, dass Bienen, die einige Zeit gefastet hatten, Honig der zu $^3/_4$ mit Salz vermischt war, begierig aufleckten, andere Individuen derselben Versuchsreihe dieses Gemisch verschmähten.

Ich wage nicht, bevor ich nicht weitere umfassendere Versuche und Vergleiche über das Wolffsche Organ angestellt habe, eine Behauptung aufzustellen, vorläufig indess muss ich doch an meiner bisherigen Ansicht festhalten, dass das Wolffsche Organ nicht Geschmacksorgan ist.

Gehör.

Forel behandelt diesen Sinn ziemlich kurz. Er glaubt mit P. Huber, Perris, Dugès und Lubbock dass die meisten Insecten, darunter auch die Ameisen, taub seien. Weiter glaubt er vor einer Verwechselung zwischen wirklichem Hören und der durch mechanische Reizung der ausserordentlich empfindlichen Tastorgane hervorgerufenen Reaction warnen zu müssen. Der Gehörsinn ist nach ihm nur bei Cicaden, Heuschrecken und Grillen vorhanden. Hierzu eine kurze Bemerkung.

Bekanntlich gibt es eine Reihe von Insecten, die vermittelst eines besonderen Apparates ein Stridulationsgeräusch zu erzeugen vermögen, z. B. *Lema*, *Cryptorrhynchus*, verschiedene *Cerambyciden*, die *Geotrupiden*, *Trox*, *Necrophorus*, *Acherontia atropos*, verschiedene Spinnen u. s. w. Es ist mir ganz undenkbar, dass alle diese Thiere völlig taub sein und nicht einmal das Stridulationsgeräusch der eigenen Art vernehmen sollten. Ueberdies reagiren die Thiere, wie mich das eine Reihe von Versuchen gelehrt haben, in der That auf das Stridulationsgeräusche, selbst wenn es künstlich nachgeahmt wird, in letzterem Falle allerdings nicht jedesmal. Die meinen Versuchen entgegenstehenden Experimente von Perris, dem die Versuchsthiere auf das Stridulationsgeräusche nicht reagirten, kann ich entgegenhalten, dass allerdings die Versuche immer misslingen, wenn man die Versuchsthiere nicht vorher hat vollständig zur Ruhe kommen

lassen. Am sichersten gelingen sie, wenn man ♂ und ♀ in *copula* gefangen hat und dann trennt.

Gefühl und seine Ableitungen.

Dass die Insecten einen ausserordentlich entwickelten Gefühlssinn haben, dürfte allgemein bekannt sein. Jeder Entomologe weiss, dass die leiseste Erschütterung, der leiseste Hauch das Insect zur Flucht veranlasst. Der Tastsinn ist über den ganzen Körper verbreitet mit Ausnahme der Flügel und der Flügeldecken.

Forel erzählt, dass er einer Wespe während des Fressens die Flügel abgeschnitten habe, ohne dass diese etwas davon gewahr wurde, er hütete sich nur, der Wespe vor die Augen zu kommen.

Bezüglich des Temperatursinnes glaubt Forel, dass dieser bei den Insecten im Allgemeinen schwach entwickelt sei. Allerdings muss constatirt werden, dass die Ameisen ihre Larven sehr sorgfältig immer in gleicher gemässigter Temperatur zu halten suchen. Je nach Tages und Jahreszeit bewohnen sie niedere und höhere Stockwerke ihres Baues. Die für die Lebensbedingungen günstigen Temperaturgrade variiren bei den verschiedenen Arten und Familien ganz ausserordentlich. *Nebria* und *Dichotrachelus* leben noch unter Schnee, *Bembex*, *Anthrax* u. s. w. im heissesten Sand. Die Körpertemperatur gewisser Insecten liegt unter dem Gefrierpuncte (Fourmis de la Suisse p. 432 et suiv.), andere sterben schon bei etwas niederen Temperaturgraden. Dasselbe gilt für höhere Temparaturen. Sinn für Schmerzgefühl ist vom allgemeinen Gefühlssinn schwer zu unterscheiden, indess spricht doch vieles dafür, dass das Schmerzgefühl weitaus geringer bei Insecten entwickelt ist als bei Wirbelthieren. Man kann schliesslich dem Gefühlssinn auch dermatoptische und durch starke, beissende Gerüche erzeugte Reactionen zuzählen.

Allgemeine Schlussfolgerungen. Beziehungen der Sinne zu den geistigen Fähigkeiten der Insecten.

Die Insecten besitzen wie wir 5 Sinne (vielleicht mangelt in vielen Fällen das Gehör).

Die Entwickelung jedes Sinnes und seiner speciellen Energie variirt ausserordentlich nicht nur nach Familien und Gattungen, sondern auch bei naheverwandten Arten, ja unter den Geschlechtern derselben Art. Forel sagt, meine Beobachtungserfahrung, dass bei vielen Insecten ein bestimmter Sinn oder eine bestimmte Specialenergie ausserordentlich

auf Kosten der andern entwickelt sei, sei richtig. Er bestreitet indess die eine von mir aufgestellte Behauptung, die wörtlich lautet (das Geschmacksorgan der Insecten, Zeitschr. für wissensch. Zoologie 1885): „Auf Grund früher angestellter Versuche neige ich mich der Annahme zu, dass bei den meisten Sinnen der Insecten die Grenzen der deutlichen Wahrnehmung sehr enge gezogen sind, dass indess innerhalb dieser Grenzen das Unterscheidungsvermögen ein ausserordentlich feines, weit über die Grenzen unserer eigenen Wahrnehmungsfähigkeit hinaus gehendes ist. Was ausserhalb dieser Grenzen liegt, wird nur im Allgemeinen oder unter Umständen auch gar nicht empfunden."

Forel meint, diese Behauptung sei verfrüht. Der erste Theil sei möglicherweise richtig, er sei indessen ungenau, wenn den Experimenten Grabers wirklich der Werth zukäme, den der Autor ihnen zuschreibt.

Forel gibt also die Möglichkeit des ersten Theils meiner Aufstellung zu, er hält dagegen den zweiten für unrichtig und doch schafft er selbst ein reichhaltiges Material herbei, das auch die Richtigkeit des zweiten Theiles bestätigt.

Die Perceptionsfähigkeit für Ultraviolett, die Schärfe des Geruchs bei Silpha und Aphodius u. s. w., die faulendes Fleisch oder den geeigneten Koth schon auf weite Entfernung wittern, Männchen, die durch ihre Weibchen aus grossen Entfernungen (durch den Geruch) herbeigelockt werden, das feine Unterscheidungsvermögen von Raupen in Bezug auf den Geschmack des Futters, das ausserordentlich feine Gefühl der Spinnen u. s. w. beweisen doch sicher, dass die Insecten sinnliche Wahrnehmungen zu machen im Stande sind, die über die Grenzen unserer Wahrnehmungsfähigkeit hinausgehen. Ich hoffe gelegentlich an Hand einer grösseren Versuchsreihe auf diesen Punct zurückzukommen.

Die Insecten combiniren natürlich ihre verschiedenen Sinne bei ihren Handlungen, ein Sinn jedoch darf immer als der dirigirende angesehen werden, wie das Gesicht bei den Libellen und Schmetterlingen, der Geruch bei den Arbeitern der Ameisen, das Gefühl bei den Spinnen, Gefühl und Geruch gemeinsam bei den Raupen.

Die Ausführungen Forels über die seelischen Eigenschaften, den Instinkt u. s. w. der Insecten werde ich, da sie mir vielfach zu Ergänzungen Veranlassung geben, in einem besonderen Artikel behandeln.
